Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 35, No. 1, Spring 2021, p. 63-78

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۷۸-۶۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم و راهبردهای سازگاری با آن در دشت بوشکان استان بوشهر

حمیده دانشگر[۱]- مهرداد باقری[۲*]- مصطفی مردانی نجف‌آبادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

چکیده

دشت بوشکان به عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی استان بوشهر به شمار می‌رود. هدف مطالعه حاضر ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات کشاورزی دشت بوشکان می‌باشد. در این راستا مدل‌های اقتصادی و هیدرولوژیکی بکار گرفته شد. متغیرهای بارندگی و دما در افق ۲۰۵۰ با استفاده از مدل LARS-WG تحت سناریوهای انتشار گزارش چهارم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (A2 و A1B) شبیه‌سازی شد. برای بخش هیدرولوژیکی، مدلWEAP و ماژول اقتصادی-زراعی MABIA، بکار گرفته شد. در بخش اقتصادی با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات در مناطق مختلف دشت بوشکان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با تغییر اقلیم میزان آب در دسترس در سناریوهای A2 و A1B به میزان ۱۸/۵۶ و ۱۴/۴۴ کاهش می‌یابد. همچنین نتایج مدل MABIA حاکی از کاهش شدیدتر عملکرد محصولات گندم و هندوانه نسبت به سایر محصولات است. با اعمال این نتایج در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت مشخص شد که سطح زیر کشت و سود کشاورزان در سناریو خوشبینانه به‌ترتیب به میزان ۲۵/۵ و ۴۲/۴۵ و در سناریو بدبینانه ۳۸/۶ و ۵۵/۲۶ درصد نسبت به مرجع کاهش خواهد یافت. اما نتایج ارزیابی راهبردهای بهبود راندمان آبیاری و روش کم‌آبیاری حکایت از اثرگذاری این راهبردها در کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم دارد. راهبرد کم‌آبیاری نسبت به افزایش راندمان آبیاری به دلیل نداشتن هزینه‌های مرتبط با تغییر شیوه آبیاری سود بیشتری عاید کشاورزان می‌نماید. این راهبرد می تواند سود کشاورزان را تا ۱۱ درصد در حالت خوشبینانه افزایش دهد. لذا استفاده از این دو راهبرد توسط کشاورزان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تغییر اقلیم، دشت بوشکان، مدل WEAP

مقدمه

شواهد بسیار قوی وجود دارد که در پنجاه سال اخیر دلیل اصلی وقوع گرمایش جهانی، فعالیت‌های انسانی است، به‌طوری‌که با افزایش دما، آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای، مناطق متعددی از کره زمین دستخوش تغییرات شگرف اقلیمی شده‌اند (۳). وقوع طوفان‌های سهمگین در اقصی نقاط جهان و همچنین وقوع سایر پدیده‌های حدی اقلیمی نیز از تغییرات اقلیمی گسترده در کره زمین حکایت دارند؛ اما این پدیده همان‌طوری که از فعالیت‌های گوناگون انسانی تأثیر می‌پذیرد، اثرات مختلفی بر فعالیت‌های انسان بر جای می‌گذارد. یکی از اثرات مهم تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر، تحمیل خسارت‌های متعدد بر فعالیت بخش‌های مختلف اقتصادی بوده است (۲۹). گزارشات هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، حاکی از رخ دادن پدیده تغییر اقلیم طی دهه‌های اخیر در ایران بوده است. همچنین پیش‌بینی‌ها، بیانگر شدت بیشتر وقوع آن در آینده می‌باشد. به‌گونه‌ای که پیش‌بینی‌های این هیئت برای ایران تحت سناریو تغییر اقلیم A1 نشان‌دهنده افزایش متوسط درجه حرارت تا ۲ درجه سانتی‌گراد در ۳۰ سال آینده و ۴-۳/۵ درجه سانتی‌گراد تا ۱۰۰ سال آینده می‌باشد (۱۷). از سوی دیگر، برخورداری از آب هوای گرم و خشک موجب تشدید پدیده تغییر اقلیم و ایجاد تهدیدهای جدی برای منابع آبی کشور و در نتیجه عدم توانایی پاسخگویی به نیازهای شرب، زیست‌محیطی، صنعتی و کشاورزی شده است (۲۵ و ۴۵).

کشاورزی، به دلیل وابستگی مستقیم آن به پارامترهای آب و هوا مانند دما، آب و خاک، یکی از مهمترین بخش‌های تاثیرپذیر از تغییر اقلیم می‌باشد (۳۹، ۳۱ و ۵۱). پنجمین گزارش هیئت تغییر اقلیم نیز نشان می‌دهد که پدیده تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط جهان بر تولید محصولات کشاورزی تاثیرات منفی گذاشته است؛ اما به کارگیری اقدامات انطباقی مناسب و به موقع در برابر تغییر اقلیم می‌تواند موجب

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mehrdad.bagheri3@gmail.com)
۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

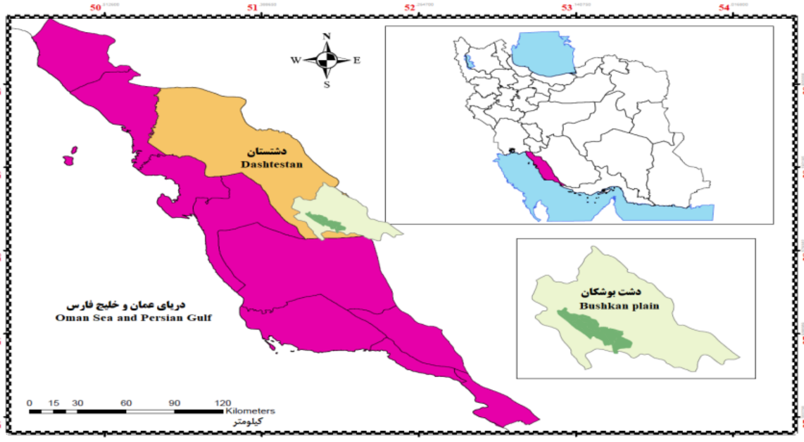
DOI: 10.22067/jead.2021.17812.0

کاهش اثرات منفی این پدیده بر عملکرد محصولات کشاورزی گردد (۲۰). منظور از اقدامات انطباقی، ایجاد تغییردر سیستم‌های اکولوژیکی، اجتماعی یا اقتصادی در پاسخ به تاثیرات تغییر اقلیم است (۱۲). شناسایی، انتشار و اتخاذ راهبردهای مؤثر سازگاری در سطح وسیع‌تری، برای مقابله با تأثیرات فعلی و آینده تغییرات و تغییر اقلیم بسیار مهم است. شواهد نشان می‌دهد که اقدامات تطبیقی کشاورزان به منظور سازگاری با تغییرات مشاهده شده در آب و هوا، شامل مواردی مانند تغییر زمان اجرای عملیات مزرعه، کشت گونه‌های متنوع محصول، اتخاذ شیوه‌های حفاظت از آب و خاک می‌باشد. اتخاذ چنین اقدامات تطبیقی می‌تواند موجب کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم بر وضعیت کشاورزی و در نتیجه بهبود امنیت غذایی گردد (۹ و ۱۱).

بخش کشاورزی نقش اساسی و حیاتی در اقتصاد ملی و تولید مواد غذایی ایران دارد، به طوری‌که حدود ۸/۳ درصد تولید ناخالص داخلی و ۱۷/۶ درصد نیروی کار کشور مرتبط با این بخش است (۳۵). از سوی دیگر ایران با میزان بارش متوسط سالیانه ۲۳۰ تا ۲۴۰ میلی‌متر (حجم ۴۱۳ میلیارد متر مکعب) جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (۳۴). علاوه بر این جمعیت کشور نیز به‌سرعت در حال افزایش بوده بطوری‌که با این نرخ رشد انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت ایران به ۱۰۰ میلیون نفر برسد (۱۸). بنابراین ایران به‌عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین در معرض خشک‌سالی‌های متعدد قرار دارد. از یک سو رشد فزاینده جمعیت، تخریب‌های ناشی از آن و نیاز این جمعیت روزافزون به محصولات کشاورزی و دامی و از سوی دیگر محدودیت منابع آب، بحران آب را به صورت چالشی جدی فرا روی کشورمان قرار داده است (۴۰). همچنین بخش کشاورزی ایران به دلیل قرار گرفتن در معرض حوادث حدی آب و هوایی و عدم دانش کشاورزان برای سازگاری، در برابر تأثیرات منفی تغییرات آب و هوا بسیار آسیب‌پذیر بوده و در این میان بخش کشاورزی استان بوشهر نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد.

موقعیت جغرافیایی استان بوشهر به‌گونه‌ای است که همواره در معرض تغییر اقلیم و خشک‌سالی قرار دارد. به گزارش مرکز ملی هواشناسی کشور، مساحت تحت تأثیر خشک‌سالی در این استان طی دوره ده ساله منتهی به اسفند ماه ۱۳۹۸، شامل ۳۵/۱ درصد خشک‌سالی متوسط، ۲۱/۴ درصد خشک‌سالی شدید و ۲۶/۴ درصد خشک‌سالی بسیار شدید بوده است. در این استان علاوه بر کم بودن میزان بارش، پراکندگی آن نیز در طی سال بسیار نامنظم بوده بطوریکه بسیاری از حجم بارش سالیانه طی دوره محدودی اتفاق افتاده است. اما طی سال‌های اخیر، برداشت اضافه از چاه‌های دارای مجوز و حفر غیرقانونی و بدون مجوز چاه‌های کشاورزی شرایط بحرانی را برای منابع آب زیرزمینی استان رقم‌زده است. به‌گونه‌ای که اکنون از ۱۶ دشت استان بوشهر ۱۰ دشت به علت افت شدید منابع آب زیرزمینی و برداشت بی‌رویه به‌عنوان دشت‌های ممنوعه تلقی می‌شوند و بالغ بر ۸۰ درصد از دشت‌های استان دارای تراز آب زیرزمینی منفی می‌باشند. این مسئله در برخی از دشت‌های استان از جمله دشت بوشکان حادتر است به‌طوری‌که بررسی وضعیت آب زیرزمینی آن طی دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۸ حاکی از افت سطح ایستابی سالانه این دشت معادل ۱/۳۱ متر است (۵۲).

حوضه آبریز بوشکان در شهرستان دشتستان استان بوشهر با مساحت ۱۳۶۷/۵ کیلومتر مربع قرار دارد (شکل ۱). مساحت محدوده مطالعاتی بوشکان ۱۳۶۷/۵ کیلومتر مربع می‌باشد. این دشت به عنوان قطب کشاورزی استان و شهرستان دشتستان به شمار می‌رود و عمده‌ترین محصولات آن گندم، سبزی، صیفی و کنجد می‌باشد.



شکل ۱- محدوده حوضه آبریز بوشکان

Figure 1- Bushkan catchment area

با توجه به مسائل فوق، بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر وضعیت اقتصادی، کشاورزی و هیدرولوژیکی دشت بوشکان از یک سو و

همچنین تحلیل اثربخشی اقدامات انطباقی در زمینه کاهش اثرات منفی این پدیده از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعات متعددی به بررسی اثر تغییر اقلیم بر الگوی کشت و سود کشاورزان پرداخته‌اند. مظفری و همکاران (۳۰)، قریشی و همکاران (۴۱)، محمودی و پرهیزکاری (۲۹)، دیلمی و همکاران (۱۰) و کیانی قلعه‌سرد و همکاران (۲۴) با بهره‌گیری از داده‌های سری‌زمانی و مدل‌های گردش عمومی جو، متغیرهای اقلیمی را تحت سناریوهای انتشار مورد بررسی قرار داده‌اند. سپس با استفاده از روش تحلیل رگرسیونی، اثر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات را مورد بررسی قرار داده و در نهایت با لحاظ آن در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت اثرات تغییر اقلیم بر سطح زیر کشت محصولات، مصرف آب و سود کشاورزان را تحلیل نموده‌اند.

با توجه به اینکه تغییر اقلیم اثر مستقیمی بر وضعیت هیدرولوژیک و میزان آب در دسترس و در نتیجه عملکرد محصولات کشاورزی دارد، مطالعات متعددی مانند فورنی و همکاران (۱۴) و استیو و همکاران (۱۳) از مدل‌های هیدرولوژیکی برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت کشاورزی استفاده نموده‌اند. مدل ارزیابی و مدیریت منابع آبی (WEAP[1]) از جمله مدل‌های هیدرولوژیکی است که برای شبیه‌سازی و آنالیز سناریوهای تغییر اقلیم و تأثیر آن‌ها بر منابع آب حوضه آبریز به‌صورت یکپارچه به‌کار می‌رود (۶). از جمله ایرادات مدل‌های هیدرولوژیکی مانند WEAP این است که با استفاده از این مدل‌ها، نمی‌توان اثرات تغییر اقلیم را بر وضعیت اقتصادی کشاورزان و سود آن‌ها به‌صورت کامل بررسی نمود. از سوی دیگر در این مدل سیستم‌های کشاورزی معمولاً با الگوی کشت ثابت در مناطق مختلف مشخص می‌شوند و تخصیص آب معمولاً بر اساس اولویت میان بخش‌ها صورت می‌گیرد. بنابراین WEAP نمی‌تواند به‌طور دقیق نحوه سازگاری سیستم‌های تولید کشاورزی در برابر تغییرات اقلیم و میزان آب در دسترس را به‌خوبی مشخص نماید. با توجه به ایرادات ذکر شده، برخی پژوهش‌ها این مدل را با برنامه‌ریزی ریاضی تلفیق نموده و از مدلWEAP اقتصادی برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت هیدرولوژیکی و اقتصادی استفاده نموده‌اند. در این میان استیو[2] و همکاران (۱۳) با تلفیق مدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی مزرعه محور، مدل WEAP و ماژول MABIA اثرات تغییر اقلیم و ارزیابی روش‌های انطباق با آن را در حوضه رودخانه گوادیانا (پرتغال و اسپانیا) طی افق ۲۰۷۰ تحت سناریو انتشار بدبینانه A2[3] بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که تغییر اقلیم موجب افزایش نیاز آبی و کاهش عملکرد محصولات گندم، ذرت، برنج و زیتون خواهد شد. در مطالعه‌ای دیگر فورنی و همکاران[4] (۱۴) از مدل‌سازی هیدرولوژیکی- اقتصادی WEAP برای پیش‌بینی اقدامات اقتصادی کشاورزان در پاسخ به تغییرات آب در دسترس در حوضه آبریز سن خواکین (ایالات‌متحده) طی دوره تاریخی ۲۰۹۹-۲۰۱۳ استفاده نمودند. همچنین در ایران نیک‌مهر و زیبایی (۳۶) با استفاده از یک مدل هیدرولوژیکی اقتصادی به کمک روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، مدل WEAP و ماژول MABIA به ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم و سناریو تطبیقی بهبود راندمان آبیاری بر وضعیت کشاورزی زیر حوضه‌ی کرخه جنوبی پرداخته‌اند.

علاوه بر مطالعات فوق، برخی پژوهش‌ها مانند صبوحی و همکاران (۴۷)، محسنی و زیبایی (۳۳)، قرقانی و همکاران (۴۲)، شکوهی و بخشوده (۴۶)، کرامت زاده و همکاران (۲۶)، کورتیگنانی و سورینی (۷)، مدلین ازورا و همکاران (۳۲) نیک‌مهر و زیبایی (۳۶) و حسینی و همکاران (۱۷) نیز اثر بخشی اقدامات تطبیقی از قبیل استراتژی کم‌آبیاری، ایجاد بازار فرضی آب، بهبود راندمان آبیاری و افزایش قیمت آب را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت مورد بررسی قرار داده‌اند.

بررسی پژوهش‌های پیش گفته ضرورت انجام پیش‌بینی‌های اقلیمی در سطوح منطقه‌ای و محلی را روشن می‌سازد. بر همین اساس هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی اثرات اقتصادی و هیدرولوژیکی تغییر اقلیم و راهبردهای سازگاری بر وضعیت هیدرولوؤیکی، اقتصادی و کشاورزی دشت بوشکان استان بوشهر است. بدین منظور ابتدا مشابه مطالعات (۱۳ و ۱۴) با تدوین الگوی مناسب از مدل هیدرولوؤیکی WEAP و ماژول زراعی آن MABIA، برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت هیدرولوژیکی، همچنین عملکرد و نیاز آبی محصولات کشاورزی استفاده شد. سپس در ادامه به منظور ارزیابی اقتصادی تغییر اقلیم و بررسی دقیق نحوه سازگاری سیستم‌های تولید کشاورزی در برابر آن مشابه مطالعات (۷، ۱۶، ۲۹، ۳۰، ۴۲ و ۴۳) از مدل اقتصادی برنامه‌ریزی مثبت استفاده شد.

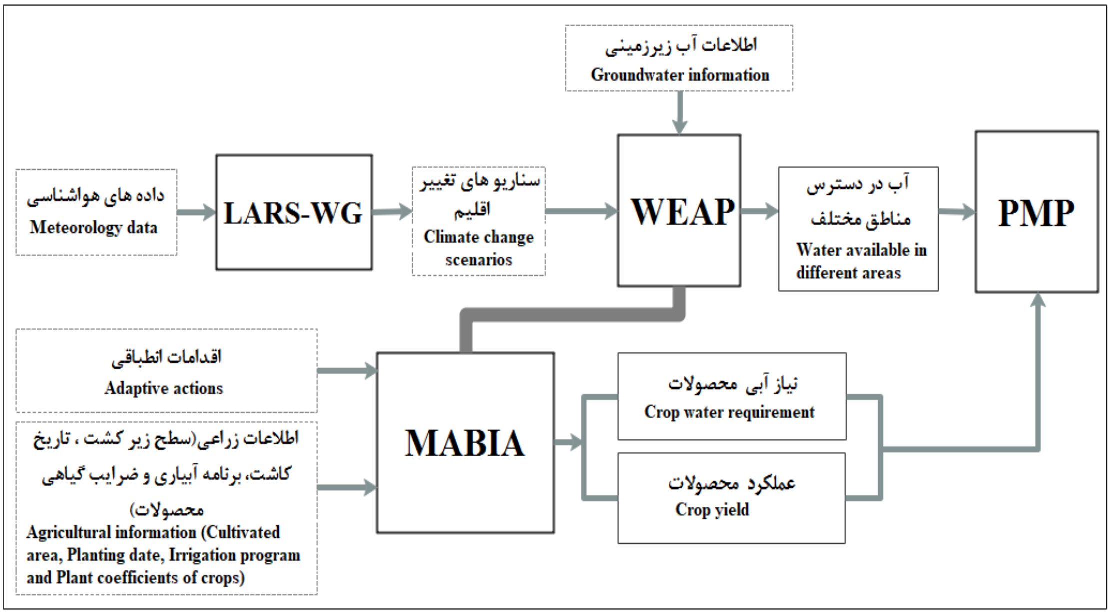
مبانی نظری و روش تحقیق

در شکل ۲ چارچوب مفهومی مدل ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر الگوی کشت محصولات کشاورزی در دشت بوشکان استان بوشهر مشخص‌شده است. در این پژوهش به‌منظور ایجاد سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه تغییر اقلیم از مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG استفاده شد (۱۳ و ۱۴). سپس به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت هیدرولوژیکی دشت بوشکان، همچنین عملکرد و نیاز

1- Water Evaluation and Planning
2- Esteve
۳- سناریو بدبینانه انتشار از گزارش چهارم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم است که در آن کشورهای دنیا به صورت واگرا و مستقل از هم عمل می‌کنند، جمعیت دنیا به طور پیوسته افزایش می‌یابد و توسعه‌ی اقتصادی، منطقه محور است و بنابراین غلظت CO_2 روند افزایشی داشته و در سال ۲۱۰۰ به ۸۷۵ ppm می‌رسد.

4- Forni

آبی محصولات کشاورزی، سناریوهای تغییر اقلیم شبیه‌سازی‌شده و همچنین راهبردهای تطبیقی بهبود راندمان آبیاری و کم‌آبیاری وارد مدل WEAP و ماژول اقتصادی-زراعی آن، MABIA شد (۱۳ و ۱۴). در ادامه به‌منظور بررسی دقیق نحوه سازگاری سیستم‌های تولید کشاورزی در برابر تغییرات میزان آب در دسترس و عملکرد محصولات و همچنین سنجش اثرگذاری سناریوهای تطبیقی از مدل اقتصادی برنامه‌ریزی مثبت استفاده شد (۷، ۱۷، ۲۶، ۳۲ ،۳۳، ۴۶ و ۴۷).



شکل ۲- چارچوب مفهومی مدل بررسی اثر تغییر اقلیم بر وضعیت هیدرولوژیکی و کشاورزی دشت بوشکان

Figure 2- Conceptual framework of the model for studying the effect of climate change on the hydrological and agricultural situation of Bushkan plain

مدل LARS-WG

این مدل با استفاده از داده‌های مشاهداتی و بررسی رفتار اقلیم ایستگاه‌ها در دوره آماری و هم‌چنین داده‌های روزانه شبکه‌ای مدل‌های گردش عمومی جو در آینده، داده‌های روزانه دوره‌های آینده را مدل‌سازی می‌کند (۵۰). سری‌های زمانی ساخته‌شده در مدل LARS-WG عمدتاً دارای خصوصیات آماری مشابه با داده‌های مشاهداتی در یک ایستگاه می‌باشد. مدل LARS-WG قادر است با داده‌های مشاهداتی کم (مثلاً در حد یک سال)، داده‌های اقلیمی را پیش‌بینی کند (۴۹). بیش‌ترین تمرکز در ابداع مدل LARS-WG برای غلبه بر محدودیت‌های مدل زنجیره مارکف در مورد پیش‌بینی وقوع بارش است. این روش به‌طور وسیع در مدل‌سازی بارش استفاده می‌شود و به‌طورکلی به دو حالت تر یا خشک بودن توجه می‌کند. مدل LARS-WG برای طول سری‌های روزانه خشک و تر، بارش و تشعشات خورشیدی روزانه از توزیع نیمه تجربی استفاده می‌کند و درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه نیز بر اساس سری‌های فوریه تخمین زده می‌شود (۴۹). ریز مقیاس سازی داده‌ها در مدل LARS-WG طی چهار مرحله انجام می‌شود (۳۷):

۱- بررسی و آنالیز داده‌های هواشناسی مشاهداتی: در این گام ویژگی‌های آماری داده‌های مشاهداتی به‌منظور تعیین ویژگی‌های آماری داده‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- تولیدداده‌های مصنوعی اولیه: در این مرحله مدل داده‌های مصنوعی را برای دوره پایه (دوره شامل داده‌های مشاهداتی) ایجاد نموده و خصوصیات آماری این داده‌های مصنوعی را تعیین می‌کند.

۳- مقایسه آماری: سپس به‌منظور کالیبراسیون مدل ویژگی‌های آماری داده‌های مشاهداتی و داده‌های مصنوعی تولیدشده با یکدیگر تطبیق و مقایسه می‌شوند.

۴- تولید داده‌های روزانه برای دوره‌های آتی: در گام آخر با استفاده از ویژگی‌های آماری داده‌های پایه و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و خروجی مدل‌های گردش عمومی، سری‌های زمانی روزانه منتقل شده به آینده با همان خصوصیات آماری داده‌های پایه تولید می‌شود.

در این مطالعه داده‌های هواشناسی دمای حداقل، حداکثر و بارش دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۸۰) مربوط به ایستگاه هواشناسی بوشهر وارد LARS-WG شده و به منظور بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر این متغیرها، از خروجی مدل گردش عمومی جو HadCM3 تحت دو

سناریوی اقلیمی بدبینانه و خوشبینانه A2 و A1B[1] در طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۹ استفاده شد.

مدل WEAP

این مدل در سال ۱۹۹۰ توسط مؤسسه محیط‌زیست استکهلم طراحی‌شده و در طی سال‌های اخیر تکامل‌یافته است (۴۸). از مزیت‌های مدل WEAP می‌توان به این موضوع اشاره کرد که ازآنجا که این مدل تمامی اجزای مهم یک حوضه آبریز را در تحلیل لحاظ می‌کند می‌توان از آن برای مدیریت و برنامه‌ریزی جامع منابع آب استفاده کرد(۱۶). این مدل از یک روش برنامه‌ریزی خطی برای حل مسئله تخصیص آب در هر گام زمانی استفاده می‌کند. در این مدل برنامه‌ریزی خطی، هدف حداکثر کردن درصد تأمین تقاضای بخش‌های مختلف با توجه به اولویت عرضه و تقاضا، تعادل جرمی و سایر محدودیت‌ها است (۴۴). از سوی دیگر، مدلWEAP قابلیت شبیه‌سازی اثرات سیاست‌ها و سناریوهای مختلف مانند رشد جمعیت و توسعه اقتصادی، برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی، بهبود راندمان آبیاری، کم آبیاری، تغییر الگوی کشت، تغییر اقلیم، تغییر کاربری اراضی ازجمله سناریوهایی هستند که در این مدل قابل شبیه‌سازی می‌باشند (۶). در مدل WEAP برای شبیه‌سازی تقاضای بخش کشاورزی، روش‌های مختلفی وجود دارد. یک روش، وارد کردن مستقیم میزان تقاضای ماهانه گره تقاضای معمولی است؛ اما روش دیگر استفاده از فرآیند بارش روان-آب و محاسبه غیرمستقیم تقاضای آب گره‌های آبخوان کشاورزی می‌باشد.

مدل MABIA

MABIA یکی از ماژول‌های موجود در مدل WEAP است که برای شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیک مانند تبخیر و تعرق، رواناب، نفوذ و آبیاری به کار گرفته می‌شود. این روش که توسط جبلون و سهلی (۲۱) در موسسه ملی کشاورزی تونس[2] ارایه شده است، با استفاده از اطلاعات مختلف زراعی، هیدرولوژیکی و هواشناسی، عملکرد و نیاز آبی محصولات زراعی را شبیه‌سازی می‌کند. فرایند کار این ماژول شامل مراحل زیر است:

۱- محاسبه تبخیر و تعرق گیاهان

در ماژول MABIA تبخیر و تعرق گیاهان با استفاده از مدل فائو- پنمن-مانتیث[3] که توسط آلن و همکاران (۵) ارائه‌شده است، محاسبه می‌شود. برای محاسبه تبخیر و تعرق اطلاعات هواشناسی مانند دمای حداکثر و حداقل، رطوبت نسبی حداقل و حداکثر، سرعت باد در ارتفاع دومتری و ساعات آفتابی روزانه مورد نیاز است.

۲- محاسبه ظرفیت آب در دسترس[4]

به‌منظور محاسبه ظرفیت آب در دسترس، باید داده‌های مربوط به ظرفیت نگهداری آب خاک در نقاط اشباع[5]، ظرفیت مزرعه[6] و پژمردگی[7] وجود داشته باشد؛ اما ظرفیت آب خاک در نقاط مذکور، با توجه به نوع بافت خاک منطقه، متفاوت می‌باشد.

۳- تخمین میزان آب آبیاری

برای تخمین میزان آب آبیاری مورد نیاز محصولات کشاورزی هر منطقه، باید اطلاعات مربوط به برنامه زمان‌بندی آبیاری و عمق آبیاری در اختیار مدل قرار گیرد.

۴- شبیه‌سازی عملکرد محصولات

ماژول MABIA برای شبیه‌سازی عملکرد محصولات گیاهان، از رابطه (۱) استفاده می‌کند:

$$1-\frac{Y_a}{Y_m}=K_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_c}\right) \quad (۱)$$

در این رابطه Y_a عملکرد واقعی محصول، Y_m عملکرد حداکثر، K_y فاکتور واکنش-عملکرد، ET_a تبخیر و تعرق واقعی و ET_c تبخیر و تعرق در شرایط مشابه واقعی ولی بدون محدودیت آبی می باشد (۶). فاکتور واکنش-عملکرد در مدل MABIA، برای مراحل رشد محصولات مختلف ارائه شده است.

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

در این مطالعه به منظور بررسی اثرات سناریوهای اقلیمی بر تغییر الگوی کشت دشت بوشکان مدل اقتصادی PMP استفاده شده است. یک مدل PMP شامل سه مرحله می‌باشد. در مرحله نخست، با فرض بیشینه‌سازی بازده برنامه‌ای، الگوی اولیه به صورت مدل زیر تصریح می‌گردد. این الگو با استفاده از محدودیت‌های کالیبراسیون مقادیر سال پایه را باز تولید می‌کند (۴ و ۴۳):

$$MaxZ=\sum_{i=1}^{n}P_iY_iX_i-\sum_{i=1}^{n}C_iX_i \quad (۲)$$

۱- سناریو خوشبینانه انتشار از گزارش چهارم هیئت بین الدول تغییر اقلیم است که در آن کشورهای دنیا به صورت همگرا عمل می‌کنند، جمعیت دنیا تا سال ۲۰۵۰ افزایش و سپس کاهش می‌یابد و رشد اقتصادی بطور فزاینده افزایش می یابد. در واقع حالت متعادل تری نسبت به A2 دارد.

2- National Agronomic Institute of Tunisia

3- FAO Penman-Monteith

4- Available Water Capacity(AWC)

5- Saturation point

6- Field capacity

7- Wilting point

$$s.t:$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^{land} \le X^{land} \quad [\lambda_{land}] \qquad (۳)$$

$$ETAG_{im} = ETA_{im} / Ef.irr$$

$$\sum_{i=1}^{i} ETAG_{im} X_i \le WAT_m \quad \forall\ m=1,\dots,12 \quad [\lambda_{wm}] \qquad (۴)$$

$$X_i \le X_{0i} + \varepsilon \ [\rho_i] \quad \forall i = 1,2,\cdots,n$$

$$X_i \ge 0 \qquad (۵)$$

رابطه (۲) تابع هدف الگوی برنامه‌ریزی خطی است که در آن پانویس i بیانگر محصول، X_i متغیر تصمیم سطح زیر کشت اختصاص یافته به محصول i ام، P_i قیمت هر واحد محصول، Y_i مقدار عملکرد محصول i ام در واحد سطح و C_i مجموع هزینه‌های متغیر متوسط در واحد سطح زیر کشت هر محصول است. رابطه (۳) محدودیت اراضی کشاورزی هر منطقه است که در آن X^{land} کل موجودی زمین قابل کشت در سطح حوضه آبریز است. در رابطه (۴) ETA_{im} و $ETAG_{im}$ به ترتیب مقدار تبخیر و تعرق واقعی محصول i ام در ماه m ام و مقدار آب ناخالص مصرفی در مراحل رشد محصول i ام در ماه m ام و $Ef.irr$ نیز نشان دهنده راندمان آبیاری است.

رابطه (۵) قید کالیبره‌سازی است که سطوح کشت هر محصول در الگو(X_i) را به سطوح کشت مشاهده شده در سال پایه(X_{0i}) محدود می‌سازد. λ_{land} و λ_{wm} به ترتیب ارزش‌های سایه‌ای منابع آب و زمین می‌باشند. ρ_i مقادیر دوگان(قیمت سایه‌ای) تولید هر محصول می‌باشد. در مرحله دوم، مقادیر دوگان بدست آمده از مرحله نخست برای برآورد پارامترهای تابع هدف غیرخطی بکار می‌روند؛ به‌گونه‌ای که سطوح فعالیت مشاهده شده در دوره پایه به وسیله الگوی غیرخطی یادشده و بدون استفاده از محدودیت‌های کالیبراسیون باز تولید شود. فرض می‌شود تابع هزینه چند محصولی دارای شکل تابعی درجه دوم، مشابه رابطه (۶) باشد:

$$C^v(x) = d'X_i + \frac{1}{2} X_i' Q X_i \qquad (۶)$$

که در آن d' بردار $(n \times l)$ از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه، Q ماتریس نیمه معین مثبت با ابعاد $(n \times n)$ از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه می‌باشد (۱۶). براساس رابطه (۷) بردار هزینه نهایی (MC^v) مربوط به تابع هزینه فوق برابر با مجموع بردار هزینه c و بردار هزینه نهایی تفاضلی ρ می‌باشد (۳۸).

$$MC^v = \nabla C^v(x)'_{x_0} = d + Q_{x_0} = c + \rho \qquad (۷)$$

$\nabla C^v(x)_{x_0}$ بردار گرادیان $(l \times n)$ از مشتقات مرتبه نخست $C^v(x)$برای $x = x_0$ می‌باشد. در این رابطه بایستی n پارامتر برای بردار d و به علت متغیر بودن Q، $n(n+1)$ پارامتر برای Q محاسبه شوند و در کل بایستی مقدار $n + n(n+1)/2$ پارامتر محاسبه شود. البته فقط n معادله (برای هر محصول یک معادله) در این رابطه وجود دارد. به چنین مسائلی که تعداد پارامترهای قابل محاسبه بیشتر از تعداد معادلات است، مسائل $ill-posed$ گفته می‌شود. پاریس و هاویت (۳۸)، استفاده از روش ماکزیمم آنتروپی را به منظور یافتن همه‌ی پارامترها پیشنهاد کردند. در گام سوم، تابع هزینه غیرخطی برآورده شده در مرحله پیش در تابع هدف مسئله مورد استفاده قرار می‌گیرد و تابع هدف غیرخطی یادشده در یک مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسئله اولیه به استثنای محدودیت‌های کالیبراسیون، ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی به صورت مدل (۸) بکار می‌رود:

$$Maximize Z = \sum_{i=1}^{n} P_i Y_i X_i - \hat{d}'X_i - \frac{1}{2} X_i' Q X_i$$

$$s.t:$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^{land} \le X^{land} \quad [\lambda_{land}]$$

$$ETAG_{im} = ETA_{im} / Ef.irr \qquad (۸)$$

$$\sum_{i=1}^{i} ETAG_{im} X_i \le WAT_m \quad \forall\ m=1,\dots,12 \quad [\lambda_{wm}]$$

$$X_i \ge 0$$

در رابطه (۸) بردار $\hat{d}'$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون مدل غیرخطی کالیبره شده فوق به طور صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در وضعیت پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع را باز تولید می‌کند و جهت شبیه‌سازی تغییرات در پارامترهای مورد نظر آماده می‌باشد. مدل مرحله سوم در مقایسه با مدل مرحله اول، فاقد محدودیت‌های کالیبراسیون بوده و تابع هدف آن نیز غیرخطی می‌باشد.

آمار و اطلاعات مورد نیاز داده‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی کشور، داده‌های منابع آب از شرکت آب منطقه‌ای استان بوشهر و آمار و اطلاعات کشاورزی مربوط به سطح زیر کشت، هزینه های تولید، قیمت و عملکرد محصولات زراعی در مناطق مختلف دشت بوشکان از طریق سازمان جهاد کشاورزی و همچنین تکمیل ۱۰۰ پرسشنامه از بهره‌برداران منطقه به دست آمد. برای انتخاب نمونه نیز از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده شد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج مربوط به اثر تغییر اقلیم بر بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر در منطقه بوشکان ارائه شده است. بررسی نتایج نشان

می‌دهد که با اعمال سناریوهای A2 و A1B بارش سالانه در مجموع و طی دوره شبیه‌سازی به‌ترتیب ۱۲/۶۲ و ۷/۲۵ میلی‌متر کاهش، دمای حداقل حدود ۰/۷ و ۰/۵۲و دمای حدکثر ۰/۶۳ و ۰/۴۶ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. عباسی و همکاران (۲) کاهش ۲/۵ درصدی بارندگی بصورت میانگین و حداکثر ۶ درصد به ویژه در مناطق جنوبی کشور و افزایش دمای بین ۰/۴ تا ۳ درجه را تا دهه ۲۱۰۰ و عباس نیا و همکاران (۱) افزایش ۰/۵ تا ۳/۵ درجه سانتی گراد دما را در دهه‌ی میانی و پایانی قرن حاضر پیش‌بینی نموده‌اند که با نتایج به دست آمده از این مطالعه همخوانی دارد.

در مجموع می‌توان گفت بیشترین تغییرات بارش در فصل‌های پاییز و زمستان، بیشترین تغییرات دمای حداقل در فصل‌های پاییز و بهار و بیشترین تغییرات دمای حداکثر در فصل پاییز و تابستان می باشد. همچنین اعمال سناریو بدبینانه A2 موجب تغییرات شدیدتری نسبت به سناریو خوشبینانه A1B خواهد شد. با توجه به تاریخ کاشت و دوره رشد غالب محصولات این دشت که در فصل پاییز و زمستان می‌باشد کاهش بارندگی طی این فصول می‌تواند تاثیر عمده‌ای بر عملکرد آنها داشته باشد.

جدول ۱- بررسی اثرات تغییر اقلیم بر متغیر های هواشناسی

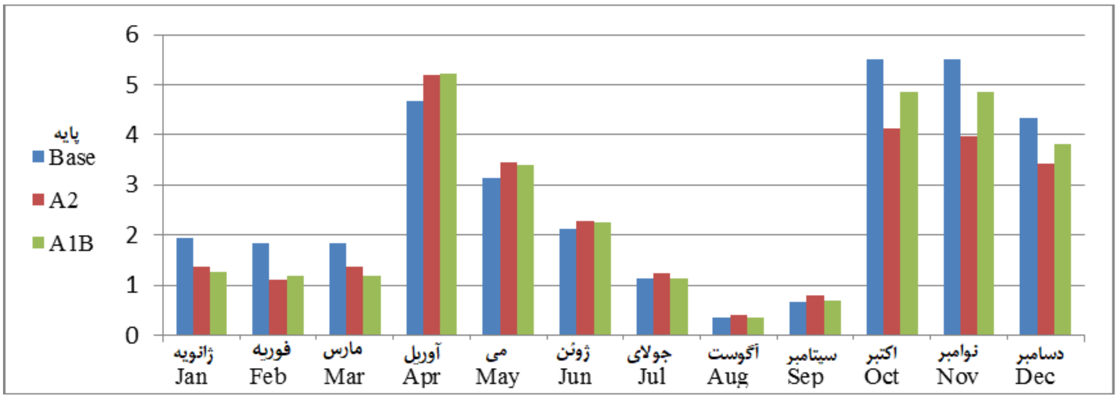
Table 1- Investigation of the effects of climate change on meteorological variables

متغیر Variable	سناریو Scenario	دوره Period	بهار Spring	تابستان Summer	پاییز Autumn	زمستان Winter	مجموع/میانگین Total /Average
بارش (میلی متر) Rainfall (mm)		پایه	6.9	1	120.35	138.54	266.79
	A2	2019–2050	14.16	1.35	107.71	130.95	254.17
		تفاوت	7.26	0.35	−12.64	−7.59	−12.62
	A1B	2019–2050	15.52	1.03	116.23	126.8	259.54
		تفاوت	8.62	0.03	−4.12	−11.74	−7.25
دمای حداقل (سانتی‌گراد) Minimum temperature		پایه	24.09	28.59	17.52	13.06	20.82
	A2	2019–2050	25	29.21	18.3	13.54	21.52
		تفاوت	0.91	0.62	0.77	0.47	0.70
	A1B	2019–2050	24.83	29.13	18.04	13.33	21.34
		تفاوت	0.74	0.54	0.52	0.27	0.52
دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Maximum temperature		پایه	33.87	37.69	27.08	21.56	30.05
	A2	2019–2050	34.45	38.31	27.91	22.06	30.68
		تفاوت	0.58	0.61	0.82	0.49	0.63
	A1B	2019–2050	34.28	38.23	27.67	21.85	30.51
		تفاوت	0.41	0.53	0.58	0.29	0.46

ماخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

بعد از طراحی شماتیک، و وارد نمودن سناریوهای تغییر اقلیم، مدل WEAP اجرا شد تا تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر وضعیت هیدرولوژیک دشت بوشکان مورد بررسی قرار گیرد. اولین تاثیر تغییر اقلیم، بر وضعیت کشاورزی یک منطقه، تغییرات میزان آب در دسترس می‌باشد. تغییرات میزان آب در دسترس ماهانه حوضه آبریز بوشکان در طی دوره شبیه‌سازی (۲۰۵۰–۲۰۱۹) برای هر دو سناریو در شکل ۳ ارائه شده است. بر اساس این شکل مشاهده می‌شود که در هر دو سناریو تغییر اقلیم میزان ۳۳/۱ میلیون متر مکعب آب در دسترس در طی فصل‌های پاییز و زمستان (ماه های اکتبر، نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس) کاهش و طی ماه‌های فصل تابستان و بهار اندکی افزایش می‌یابد. کاهش آب در دسترس برای سناریوهای A2 و A1B به ترتیب ۱۸/۵۶ و ۱۴/۴۴ درصد است. نتایج مشابه‌ی در برخی مطالعات نیز گزارش شده است (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۲ و ۳۶). به عنوان مثال نیک مهر و زیبایی (۳۶) نشان دادند طی دوره شبیه‌سازی ۲۰۵۰–۲۰۱۸، تغییر اقلیم در مناطق مختلف زیر حوضه کرخه جنوبی به صورت میانگین حدود ۲۱ موجب کاهش آب در دسترس می‌شود. همچنین قندهاری و همکاران (۱۵) در حوضه رودخانه بار در نیشابور نشتان دادند که تأمین نیاز آب در هر یک از بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت در سناریو A2 با کمبود آب در دوره‌ی آتی (۲۰۴۰–۲۰۱۱) نسبت به دوره‌ی گذشته مواجهه خواهد شد، بطوری‌که بیشترین درصد کمبود آب در بخش کشاورزی می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات ماهانه میزان آب در دسترس دشت بوشکان براساس سناریو های تغییر اقلیم(میلیون متر مکعب)

Figure 3- Monthly changes in the amount of water available in Bushkan plain based on climate change scenarios (Million cubic meters)

از دیگر تاثیرات تغییر اقلیم، افزایش نیاز آبی محصولات می‌باشد. تغییر در نیاز آبی محصولات مختلف بـه صـورت جداگانـه بـا گـرفتن میانگین درصد تغییرات نسبت به سـال پایـه در جـدول ۲ ارائـه شـده است. با مشاهده جدول مشخص می‌شود کـه بـا اعمـال سـناریوهای خوشبینانه و بدبینانه تغییراقلیم، میانگین نیاز آبـی تمـامی محصـولات کشاورزی دشت بوشکان در دوره تاریخی۲۰۵۰-۲۰۱۹ نسبت به دوره پایه افـزایش مـی‌یابـد. همچنـین اثـر سـناریو بدبینانـه بـر نیـاز آبـی محصولات شدیدتر از سناریو خوشبینانه می‌باشد.

جدول ۲- تأثیرسناریوهای اقلیمی برنیاز آبی محصولات در دشت بوشکان

Table 2- The effect of climatic scenarios on water requirement of crops in Bushkan plain

محصول Crop	پایه Base	سناریو خوشبینانه (A1B) Optimistic Scenario (A1B)		سناریو بدبینانه (A2) Pessimistic Scenario (A2)	
		نیاز آبی Water requirement (m^3)	درصد تغییر Percentage of change	نیازآبی Water requirement (m^3)	درصد تغییر Percentage of change
گندم Wheat	3018	3276.94	+8.58	3326.13	+10.21
جو Barley	3018	3199.99	+6.03	3302.29	+9.42
کلزا Canola	3026	3179.12	+5.06	3213	+6.18
گوجه فرنگی Tomato	5720	6088.37	+6.44	6126.69	+7.11
کنجد Sesame	4200	4634.70	+10.35	4772.88	+13.64
هندوانه Watermelon	5130	5865.13	+14.33	6012.87	+17.21
بادمجان Eggplant	6540	7249.59	+10.85	7339.84	+12.23
خربزه Melon	4700	5254.60	+11.8	5273.4	+12.2
خیار Cucumber	4140	4477	+8.14	4568.9	+10.36

Source: Research findings

مأخذ:یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج جدول ۲، تغییر اقلیم بیشترین تاثیر را بر نیاز آبی محصول هندوانه دارد. این محصول غالب دوره رشد و محصول دهی را در زمان کاهش بارش‌ها و افزایش دما دارد و نیازمند به آبیاری می باشد. در این میان نتایج نیک مهر و زیبایی (۳۶) نشان داد که در بین محصولات مشابه با محصولات مورد بررسی در مطالعه حاضر، هندوانه بیشترین افزایش نیاز آبی را در افق ۲۰۵۰ خواهد داشت. همچنین نتایج مطالعه کلبعلی و همکاران (۲۳) نشان‌دهنده افزایش نیاز آبی در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۲ تحت سناریوی A2 است که بیشترین افزایش نیاز آبی مربوط به ماه‌های خرداد تا مرداد است. نتایج مشابه‌ی در برخی مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۱۳، ۱۴ و ۲۲).

افزایش نیاز آبی از یک سو و کاهش آب در دسترس از سوی دیگر، موجب می‌شود که بخشی از تقاضای آب مورد نیاز گیاهان تأمین نشده و تنش آبی بوجود آید. این تنش آبی موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی مختلف در دشت بوشکان شده است. اما به منظور اعمال این تغییرات در مدل برنامه‌ریزی ریاضی، میانگین تغییرات عملکرد محصولات مختلف نسبت به سال پایه محاسبه شد که در جدول ۳ ارائه شده است. بررسی جدول نشان می‌دهد که میانگین عملکرد اکثر محصولات کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش عملکرد در هر دوسناریو مربوط به محصول گندم با ۱۱/۹۷ و ۱۵/۳۶ درصد می‌باشد. محصولات جو و هندوانه نیز در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. اما با وجود افزایش نیاز آبی، عملکرد محصول کلزا در هیچ کدام از سناریوهای تغییر اقلیم تغییر نمی‌کند. احتمالا تغییرات توزیع الگوی بارش و دما در طول دورهٔ رشد این محصول به گونه‌ای بوده که مقدار بارندگی نیاز آبی گیاه را تأمین نموده و عملکرد این محصولات کاهش نیافته است. نتایج مشابه‌ی در مطالعات استیو و همکاران (۱۳) نیز گزارش شده است. بعلاوه این که نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه نیک مهر و زیبایی (۳۶) به جز در مورد محصول کلزا مطابق دارد. آنها نشان دادند که در تمامی محصولات با وقوع تغییر اقلیم کاهش عملکرد اتفاق می‌افتد.

در جداول ۴ و ۵ سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و سود ناشی از آن در سال پایه، نتایج مربوط به اعمال سناریوهای خوشبینانه و بدبینانه و همچنین اثرات بکارگیری سناریو انطباقی بر سطح زیر کشت و سود کشاورزان ارائه شده است. سطح زیر کشت محصولات کشاورزی دشت بوشکان ۳۸۸۸ هکتار و سود حاصله ۱۵/۱۱ میلیارد تومان می‌باشد. اعمال سناریو خوشبینانه A1B سطح زیر کشت و سود کشاورزی را به‌ترتیب ۲۵/۵ و ۴۲/۵ درصد کاهش می‌دهد. کاهش سود مذکور ناشی از کاهش سطح محصولات عمده مانند گندم، هندوانه و خربزه می‌باشد و متاثر از کاهش بارندگی‌ها در فصول پاییز و زمستان است. در سناریوی خوشبینانه با بهبود راندمان آبیاری به میزان ۱۰ درصد، سطح زیر کشت و سود نسبت به سال پایه به ترتیب ۱۹/۷۹ و ۳۳/۶۷ درصد کاهش می‌یابد که نسبت به سناریوی A1B سطح زیر کشت و سود به ترتیب ۵/۷ و ۹ درصد افزایش یافته است.

جدول ۳- تأثیرسناریوهای اقلیمی بر عملکرد محصولات در دشت بوشکان

Table 3- The effect of climate scenarios on crop performance in Bushkan plain

محصول Crop	پایه Base عملکرد (تن) Yield	سناریو خوشبینانه (A1B) Optimistic scenario عملکرد(تن) Yield	سناریو خوشبینانه (A1B) Optimistic scenario درصد تغییر Percentage of change	سناریو بدبینانه (A2) Pessimistic scenario عملکرد (تن) Yield	سناریو بدبینانه (A2) Pessimistic scenario درصد تغییر Percentage of change
گندم Wheat	4	3.52	−11.97	3.38	−15.36
جو Barley	3	2.71	−9.64	2.56	−14.54
کلزا Canola	3	3	0	3	0
گوجه فرنگی Tomato	31	30.59	−1.31	30.30	−2.24
کنجد Sesame	1	0.92	−9.21	0.87	−12.22
بادمجان Eggplant	27	26.14	−3.17	26	−3.67
خربزه Melon	25	22.52	−9.91	21.47	−14.1
خیار Cucumber	25	23.59	−5.61	23.39	−6.42

ماخذ:یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ٤- تغییرات سطح زیر کشت و سود کشاورزی دشت بوشکان تحت سناریوهای A1B و اقدامات تطبیقی

Table 4- Changes in the area under cultivation and agricultural profits of Bushkan plain under A1B and adaptive scenarios

محصول Crop	پایه Base (hr)	سناریو A1B Scenario A1B(hr)	درصد تغییر Percentage of change	سناریو A1B + بهبود راندمان آبیاری Scenario A1B + Improve irrigation efficiency(hr)	درصد تغییر Percentage of change	سناریو A1B + کم‌آبیاری Scenario A1B + Deficit irrigation(hr)	درصد تغییر Percentage of change
گندم Wheat	2547	1814.48	−28.76	1990.48	−21.85	1953.03	−23.32
جو Barley	22	16.13	−26.66	19.23	−12.56	16.45	−25.2
کلزا Canola	29	32.19	+11	32.69	+12.74	32.24	11.2
گوجه فرنگی Tomato	203	193.62	−4.62	202.37	−0.31	192.78	−5.03
کنجد Sesame	209	173.88	−16.8	178.46	−14.61	177.39	−15.12
هندوانه Watermelon	218	159.51	−26.83	۱۹۹,۳۱	−۸,۵	159.90	−26.65
بادمجان Eggplant	5	4.85	−3	۴,۹	−2.26	4.8	−4
خربزه Melon	652	498.12	−23.6	۴۸۸	−۲۵,۱	494.21	−24.2
خیار Cucumber	3	2.82	−6	۲,۹۵	−1.6	2.93	−2.2
مجموع Total	3888	2895.62	−25.52	3118.39	−19.79	3033.78	-21.97
سود (میلیارد تومان) Profit	15.11	8.69	−42.45	10.02	−33.67	10.36	-31.99

Source: Research findings — ماخذ: یافته های تحقیق

بهبود راندمان آبیاری موجب می‌شود کشاورزان سطوح بیشتری را زیر کشت برده و محصولاتی که قبلا از کشت خارج شده مانند هندوانه و گندم دوباره به الگوی کشت اضافه شود. محصول کلزا نیز به دلیل مقاوم بودن در برابر تغییر اقلیم با اعمال سناریوهای مختلف سطح زیر کشت آن افزایش می‌یابد، این محصول می‌تواند جایگزین مناسبی برای گندم و جو در شرایط تغییر اقلیم باشد. در سناریوی A1B با بکارگیری استراتژی کم آبیاری در میان محصولات مختلف، ۴۴ درصد در کشت گندم، ۳۳ درصد در جو، ۲۲ درصد در کلزا، ۱۰ درصد در کنجد و ۲۴ درصد در سبزی و صیفی سطح زیر کشت و سود به‌ترتیب ۲۱/۷۹ و ۳۱/۹۹ درصد کاهش می‌یابد که این افزایش سود با سطح زیر کشت کمتر نسبت به سناریوی بهبود راندمان آبیاری ناشی از کاهش هزینه‌های لازم برای تغییر شیوه آبیاری در این سناریو است.

نتایج مربوط به سناریو بدبینانه (A2) در جدول ۵ نشان می‌دهد که اعمال این سناریو بیشترین تاثیر را بر محصول جو می‌گذارد و این محصول از الگو حذف شده است و در مقابل سطح زیر کشت کلزا افزایش می‌یابد. سطح زیر کشت و سود در این سناریو نسبت به دوره پایه ۳۹ و ۵۵ درصد کاهش می‌یابد. در سناریوی A2 اعمال استراتژی بهبود راندمان آبیاری موجب افزایش سطح زیر کشت و سود محصولات کشاورزی به میزان ۴ و ۵/۷ درصد نسبت به سناریو A2 خواهد شد. به کارگیری استراتژی کم‌آبیاری نیز موجب کاهش سطح زیر کشت و افزایش سود نسبت به سناریو A2 می‌شود و این سود نسبت به استراتژی بهبود راندمان آبیاری بیشتر است.

همان طور که مشاهده شد به کارگیری هر دو راهبرد تطبیقی فوق، از یک سو موج افزایش سطح زیر کشت و سود ناشی از کاشت محصولات کشاورزی موجود در الگوی کشت کشاورزان منطقه بوشکان خواهد شد. از سوی دیگر استفاده از این راهبردها موجب صرفه‌جویی آب خواهد شد که می‌تواند مشکل کم‌آبی دشت مذکور را تا حدودی برطرف نماید. بطور مشابه جلیلی و همکاران (۲۲) نشان دادند که سود کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم نسبت به وضعیت

کنونی ۳/۹ درصد کاهش می‌یابد. همچنین نتایج مطالعه نیک مهر و زیبایی (۳۶) بیانگر کاهش مجموع سطح زیر کشت و سود کشاورزی در تمامی مناطق زیر حوضه کرخه است که با به کارگیری راهبرد بهبود راندمان آبیاری به میزان ۲۰ درصد، این کاهش به افزایش تغییر یافته است. علاوه بر مطالعات فوق برخی مطالعات دیگر نیز بطور مشابه با نتایج مطالعه حاضر بر آثار مثبت کاربرد راهبردهای تطبیقی بهبود راندمان آبیاری و روش کم آبیاری در جهت کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم تأکید نموده‌اند (۱۷ و ۲۹).

جدول ۵- تغییرات سطح زیر کشت و سود کشاورزی دشت بوشکان تحت سناریوهایA2 و تطبیقی

Table 5- Changes in the cultivation area and agricultural profit of Bushkan plain under A2 and adaptive scenarios

محصول Crop	پایه Base (hr)	سناریو A2 Scenario A2(hr)	درصد تغییر Percentage of change	سناریو A2+ بهبود راندمان آبیاری Scenario A2 + Improve irrigation efficiency(hr)	درصد تغییر Percentage of change	سناریو A2+ کم آبیاری Scenario A2 + Deficit irrigation(hr)	درصد تغییر Percentage of change
گندم Wheat	2547	1418.16	-44.32	1523.87	-40.17	1472.93	-42.17
جو Barley	22	0	-100	2.16	-90.6	1.72	-92.16
کلزا Canola	29	39.06	34.7	38.54	+32.93	38.25	31.93
گوجه فرنگی Tomato	203	188.85	-6.97	193.60	-4.63	187.51	-7.63
کنجد Sesame	209	160.93	-23	175.76	-15.9	171.58	-17.9
هندوانه Watermelon	218	142.46	-34.65	151.11	-30.68	142.39	-34.68
بادمجان Eggplant	5	4.73	-5.33	4.86	-2.66	4.68	-6.32
خربزه Melon	652	429.01	-34.2	439.77	-32.55	452.81	-30.55
خیار Cucumber	3	2.82	-6	2.91	-3	2.90	-3.23
مجموع Total	3888	2386.04	-38.63	2532.62	-34.86	2475.96	-36.37
سود (میلیاردتومان) profit	15.11	6.76	-55.26	7.62	-49.52	8.25	-45.39

Source: Research findings　　ماخذ:یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه به منظور تحلیل پیامدهای تغییر اقلیم بر وضعیت هیدرولوژیکی، اقتصادی و کشاورزی در دشت بوشکان استان بوشهر طی دوره (۲۰۵۰-۲۰۱۹) و همچنین بررسی میزان اثر بخشی سناریوهای انطباقی، از مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG استفاده شد. سپس برای بررسی اثرات تغییراقلیم بر وضعیت هیدرولوژیکی، عملکرد و نیاز آبی محصولات کشاورزی دشت بوشکان، سناریوهای تغییراقلیم شبیه‌سازی شده وارد مدل WEAP و ماژول اقتصادی– زراعی MABIA شد. در ادامه به منظور بررسی دقیق نحوه سازگاری سیستم‌های تولید کشاورزی در برابر تغییرات اقلیم و میزان آب در دسترس، از مدل اقتصادی برنامه‌ریزی مثبت استفاده شد.

نتایج این مدل نشان داد که با اعمال هر دو سناریو، میزان بارندگی کاهش یافته و دمای حداقل و حداکثر افزایش می‌یابد. که این وضعیت در مورد سناریو A2 به مراتب شدیدتر از سناریو A1B می‌باشد. بنابراین نتایج بخش هیدرولوژیکی مدل نشان داد که با اعمال سناریوهای تغییر اقلیم A2 ,A1B میزان آب در دسترس به ترتیب ۱۴/۴ و ۱۸/۶ کاهش می‌یابد، که این امر در کنار افزایش نیاز

آبی موجب ایجاد تنش آبی و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی مختلف در دشت بوشکان شده است.

اما نتایج بخش اقتصادی بیانگر این موضوع است که اعمال سناریوهای خوشبینانه و بدبینانه تغییر اقلیم به ترتیب موجب کاهش ۲۵/۵ و ۳۹ درصدی سطح زیر کشت این دشت خواهد شد. بنابراین کاهش سطح زیر کشت این محصولات در کنار کاهش عملکرد آنها در اثر تغییر اقلیم، موجب کاهش سود کشاورزان به میزان ۴۲ و ۵۵ درصد به ترتیب در سناریوهای خوشبینانه و بدبینانه شده است.

اما در این مطالعه به منظور کاهش آثار تغییر اقلیم راهبردهای تطبیقی بهبود راندمان آبیاری و کم‌آبیاری ارائه شد. نتایج به کارگیری این راهبردها بیانگر تأثیر مثبت آنها بر وضعیت کشاورزان دشت بوشکان است. بطوری که اعمال این راهبردها اثرات تغییر اقلیم را تا حدودی خنثی می‌سازد. در این حالت سطح زیر کشت غالب محصولات افزایش می‌یابد. با توجه به محدود شدن اراضی قابل کشت در اثر تغییر اقلیم و کاهش سطح زیر کشت غالب محصولات کشاورزی در این منطقه، سطح زیر کشت محصولاتی که از مزیت نسبی بالایی در منطقه برخوردار هستند از جمله گوجه فرنگی کمترین تغییرات را داشته‌اند. بطور کلی به کارگیری سناریوی تطبیقی کم‌آبیاری به دلیل نداشتن هزینه برای تغییر شیوه آبیاری نسبت به سناریوی تطبیقی افزایش راندمان آبیاری، سود بیشتری را عاید کشاورزان می‌نماید.

در نهایت با توجه به کاهش آب در دسترس در دشت بوشکان و افزایش نیاز آبی محصولات، استفاده از شیوه‌های کم‌آبیاری و بهبود راندمان آبیاری توسط کشاورزان جهت جلوگیری از هدر رفتن آب توصیه می‌شود. اما در این میان استفاده از روش کم‌آبیاری نسبت به بهبود راندمان آبیاری در اولویت است. با توجه به تأثیر ناچیز تغییر اقلیم بر نیاز آبی و عملکرد محصول کلزا از یک سو و تأثیر زیاد این پدیده بر محصولات گندم و جو از سوی دیگر، می‌توان به منظور مقابله با اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و سود کشاورزان دشت بوشکان، محصول کلزا را به عنوان کشت جایگزین محصولات گندم و جو به کشاورزان منطقه پیشنهاد نمود. در مطالعات آتی ارزیابی اقدامات تطبیقی دیگری مانند تغییر تاریخ کشت محصولات، استفاده از ارقام بذرهای اصلاح شده و مقاوم به خشکی و کم آبی بر الگوی کشت و سود کشاورزان در منطقه جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم در دشت بوشکان با استفاده از مدل WEAP و ماژول اقتصادی-زراعی MABIA پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Abbasnia M., Tavousi T., Khosravi M., and Taurus h. 2016. Uncertainty analysis of the future changes in maximum daily temperatures over Iran using GIS. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR) 25(97): 29-43. (In Persian with English abstract)
2. Abbasi F., Babaian A., Malbousi Sh., Asmari M., and Mokhtari L. 2012. Climate change assessment over Iran during future decades, using statistical downscaling of ECHO-G model. Geographical Research Quarterly 27(1): 205-230. (In Persian with English abstract)
3. Aldy J. E., and Pizer W.A. 2015. The competitiveness impacts of climate change mitigation policies. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists 2(4): 565-595.
4. Arfini F., Donati M., and Paris Q. 2003. A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information. Contributed Paper Presented at the International Conference Agricultural Policy Reform and the WTO: Where Are We Heading. Capri, June.
5. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M.1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9), D05109.
6. Bagheri Harouni M., and Marid S. 2013. Comparison of WEAP and MIKE BASIN models in water resources allocation (Case study: Talvar River). Journal of Soil and Water Conservation Research 1: 151-168. (In Persian with English abstract)
7. Cortignani R., and Severini S. 2009. Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agricultural Water Management 96(12): 1785-1791.
8. Cetinkaya C.P., and Gunacti M.C. 2018. Multi-criteria analysis of water allocation scenarios in a water scarce basin. Journal of Water resources management 32(8): 2867-2884.
9. Challinor A.J., Watson J., Lobell D.B., Howden S.M., Smith D.R., and Chhetri N. 2014. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. Nature Climate Change 4(4): 287-291.
10. Deylami A., Joolaei R., Rezaei A. and Keramatzadeh A. 2019. Investigating the effects of climate change on yield, gross profit and cropping pattern of Gorgan city. Journal of Agricultural Economics 13(2): 137-160.
11. Di Falco S., and Veronesi M. 2013. How can African agriculture adapt to climate change? A counterfactual analysis from Ethiopia. Land Economics 89(4): 743-766.
12. De Bruin K., Dellink R. B., Ruijs A., Bolwidt L., van Buuren A., Graveland J., and Tassone V.C. 2009. Adapting to climate change in the Netherlands: an inventory of climate adaptation options and ranking of alternatives. Climatic change 95(1-2): 23-45.
13. Esteve P., Varela-Ortega C., Blanco-Gutiérrez I., and Downing T.E. 2015. A hydro-economic model for the

assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture. Journal of Ecological Economics 120: 49-58.

14. Forni L.G., Medellín-Azuara J., Tansey M., Young C., Purkey D., and Howitt R. 2016. Integrating complex economic and hydrologic planning models: An application for drought under climate change analysis. Water Resources and Economics 16: 15-27.
15. Ghandehari Gh,, Soltani J., and Hamidianpour M. 2015. Evaluation of optimal water allocation scenarios for Bar river of Neishabour using WEAP model under A2 climatic changes scenario. Journal of Water and Soil 29(5): 1158-1172. (In Persian with English abstract)
16. Haghighi P., Khalili K., and Behmanesh J. 2015. Comprehensive management of water resources with the approach of modifying the consumption pattern in Mashhad plain (with the help of WEAP software). Second National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment. Urmia University, Iran. (In Persian with English abstract)
17. Hosseini S.S., Nazari M., and Araghinejad S. 2013. Investigating the impacts of climate on agricultural sector with emphasis on the role of adaptation strategies in this sector. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 44(1): 1-16. (In Persian with English abstract)
18. Hosseini S.A., and Bagheri A. 2013. System dynamic modeling of the water resources system in Mashhad plain to analysis strategies for sustainable development. Journal of Water and Wastewater 24(4): 39-28. (In Persian with English abstract)
19. Howitt R.E. 1995. Positive mathematical-programming. American Journal Agricultural Economics 77:329–342.
20. IPCC. 2014. Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
21. Jabloun M., and Sahli A. 2012. WEAP-MABIA tutorial: a collection of stand-alone chapters to aid in learning the WEAP-MABIA module. Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany.
22. Jalili KH., Moradi RM., and Bozorg Haddad O. 2016. Assessment of climate change impacts on water resources in Islamabad aquifer and land allocation optimization. Desert Ecosystem Engineering Journal 5(11): 119-133. (In Persian with English abstract)
23. Kalbali E., Ziaee S., Mardani Najafabadi M., and Zakerinia M. 2019. Assessment of Climate Change Impacts on Optimum Cropping Pattern: A Case Study of Gharehso Basin in Golestan Province. Iran-Water Resources Research 15(3): 258-271. (In Persian with English abstract)
24. Kiani Ghaleh Sard S., Shahraki J., Akbari A., and Sardar Shahraki A. 2019. Planning and studying the effects of climate change on agricultural development in Iran; Application of Positive Mathematical Programming (PMP) technique. Regional Planning Quarterly 9(34): 26-15. (In Persian with English abstract)
25. Khosravi M., Ismail Nejad M. and Nazaripour H. 2010. Climate change and its impact on water resources in the Middle East. Fourth International Congress of Geographers of the Islamic World. Zahedan.
26. Keramatzadeh A., Chizari A., and Sharzehei Gh. 2011. The role of water market in determining the economic value of agricultural water with a positive mathematical planning (PMP) approach (Case study: lands downstream of Shirin Darreh Bojnourd Dam). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 2(42): 44-29. (In Persian with English abstract)
27. Kouzehgran S., and Mousavi Baigi M. 2015. Investigation of the trend of extreme climatic events in northeastern Iran. Journal of Water and Soil 29(3): 750-764. (In Persian with English abstract)
28. Mansouri A., Aminnejad B., and Ahamdi H. 2018. Investigation the effect of climate change on Inflow runoff into the Karun 4 dam based on IPCC's fourth and fifth report. Journal of Soil and Water Sciences 22(2): 345-359. (In Persian with English abstract)
29. Mahmoudi A., and Parhizkari A. 2016. Economic Analysis of the Climate Change Impacts on Products Yield, Cropping Pattern and Farmer's Gross Margin (Case Study: Qazvin Plain). Journal of Economic Growth and Development Research 1(2): 25-40. (in Persian with English abstract)
30. Mozafari M., Parhizkari A., Hosseini Khodadadi M., and Parhizkari R. 2015. Economic Analysis of the Effects of Climate Change Due to Greenhouse Gas Emissions on Agricultural Production and Available Water Resources (Case Study: Downstream Lands of Taleghan Dam). Journal of Agricultural Economics and Development 29(1): 68-85. (In Persian with English abstract)
31. Maraseni T.N., Mushtaq S., and Reardon-Smith K. 2012. Climate change, water security and the need for integrated policy development: the case of on-farm infrastructure investment in the Australian irrigation sector. Environmental Research Letters 7(3).
32. Medellín-Azuara J., Howitt R.E., MacEwan D.J., and Lund J.R. 2011. Economic impacts of climate-related changes to California agriculture. Climatic Change 109(1): 387-405.
33. Mohseni A., and Zibaei M. 2009. Analysing Consequences of Increasing Acreage of Colza in Namdan Plain of Fars Province: An Application of Positive Mathematical Programming. Journal of Water and Soil Science 13(47): 773-784. (In Persian with English abstract)
34. Nazem Sadat M., Samani N., Bari A., and Molaei Nikoo M. 2006. The effective force of El nino-southern

fluctuations phenomenon on climate change in Iran, using analysis of precipitation data. Iranian Journal of Science and Technology 4: 565-555.

35. Nikbakht Shahbazi A. 2018. Investigation of changes in precipitation and evapotranspiration of agricultural products in Khuzestan province under the influence of climate change. Journal of Soil and Water Conservation Research 25(6): 139-123. (In Persian with English abstract)
36. Nikmehr S., and Zibaei M. 2020. Assessing the Effects of Climate Change on Hydrological and Economic Conditions of South Karkheh Sub-basin. Journal of Agricultural Economics and Development 34(1): 63-79. (In Persian with English abstract)
37. Osman Y., Al-Ansari N., Adbellatif M., Al-Jawad S., and Knutsson S. 2014. Expected future precipitation in central Iraq using LARS-WG stochastic weather generator. Engineering 6(13): 948-959.
38. Paris Q., and Howitt R.E. 1998. An analysis of ill-posed production problems using Maximum Entropy. American Journal of Agricultural Economics 80(1): 124-138
39. Parry M.L., Rosenzweig C., Iglesias A., Livermore M., and Fischer G. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. Global environmental change 14(1): 53-67.
40. Pouran R., Raghfar H., Ghasemi A., and Bazazan F. 2017. Calculating the economic value of virtual water with the approach of maximizing irrigation water efficiency. Applied Economic Studies of Iran 21:189-212. (In Persian with English abstract)
41. Qureshi M.E., Whitten S.M., and Franklin B. 2013. Impacts of climate variability on the irrigation sector in the southern Murray-Darling Basin, Australia. Water Resources and Economics 4: 52-68.
42. Qurghani F., Bustani F., and Soltani Gh. 2009. Investigating the effect of decreasing irrigation water and increasing water price on cultivation pattern using positive mathematical planning method: A case study of Eghlid city in Fars province. Journal of Agricultural Economics Research 1(1): 74-57.
43. Röhm O., and Dabbert S. 2003. Integrating agri-environmental programs into regional production models: an extension of positive mathematical programming. American Journal of Agricultural Economics 85(1): 254-265.
44. Shahraki J., Sardar Shahraki A., and Hashemi Monfared A. 2019. Economic impact assessment of water resources management scenarios in Pishin catchment. Agricultural Economics Research 10(4): 59- 84. (In Persian with English abstract)
45. Sarzaeim P., Bozorg-Haddad O., Fallah-Mehdipour E., and Loáiciga H.A. 2017. Climate change outlook for water resources management in a semiarid river basin: the effect of the environmental water demand. Journal of Environmental Earth Sciences 76(14): 498.
46. Shokohi Z., and Forgiveness M. 2010. Investigating the effect of accepting laser leveling on water demand management in Marvdasht city. Journal of Agricultural Economics 5(2): 92-73. (In Persian with English abstract)
47. Saboohi M., Soltani Gh., and Zibaei M. 2007. Investigating the effect of changing the price of irrigation water on private and social benefits using a positive mathematical planning model. Journal of Agricultural Sciences and Industries (Special Economics and Agricultural Development) 21(1): 71-53. (In Persian with English abstract)
48. Sieber J., Swartzand C., and Huber-Lee A. 2005. User guide for WEAP21, Stockholm Environment Institute.
49. Semenov M.A., and Barrow E.M. 2002. LARS-WG A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies, User Manual, Version 3.0:28 .
50. Semenov M.A., Brooks R.J., Barrow E.M., and Richardson C.W. 1998. "Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in divers climates", Climate Research.
51. Wheeler T., and Von Braun J. 2013. Climate change impacts on global food security. Science 341(6145): 508-513.
52. Bushehr Regional Water Company of Bushehr. 2016. Report on the extension of the ban on the Bushkan study area. (In Persian with English abstract)

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 35, No. 1, Spring 2021, p. 63-78

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۷۸-۶۳

Evaluation of Consequences of Climate Change and Adaptation Strategies in Bushkan Plain of Bushehr Province

H. Danshgar[1]– M. Bagheri[2*]- M. Mardani Najafabadi[3]
Received: 20-10-2020
Accepted: 17-04-2021

Introduction: Climate change and increasing global warming are intensifying droughts, changes in rainfall distribution and depletion of water resources over time. Persisting hot and dry weather has intensified the phenomenon of climate change and posed serious threats to the country's water resources, resulting in the inability to meet the needs like drinking, environmental, industrial and agricultural ones. The fifth report of the Climate Change Board also shows that the phenomenon of climate change in many parts of the world has had a negative impact on agricultural production; but the application of appropriate and timely adaptive scenarios against climate change can reduce the negative effects of this phenomenon on the agricultural crops yield. Bushehr province is mostly exposed to climate change and drought because of its geographical location. According to the National Meteorological Center, the area affected by drought in this province during the ten-year period ending in March 2019, was 83%. Up to 80% of the plains of the province have a negative groundwater level. This problem is more severe in some plains of the province, including Bushkan plain, the water level of this plain has decreased by 1.31 meters annually. This plain is considered as the agricultural hub of province and Dashtestan city. Thus the study of the effects of climate change on the hydrological and agricultural situation of the Bushkan plain and the analysis of the effectiveness of adaptive scenarios to reduce the negative effects of this phenomenon is very important.

Materials and Methods: In this study, in order to create optimistic and pessimistic scenarios of climate change, the LARS-WG microscale model was used. Then, in order to investigate the effects of climate change on the hydrological status of Bushkan plain, water needs of agricultural crops and crops yield, simulated climate change scenarios and adaptive scenarios include improve irrigation efficiency and deficit irrigation were entered into WEAP model and its agro-agricultural model, MABIA. For the purpose of investigating the adaptation of agricultural production systems to changes in available water and yield as well as to measure the effectiveness of adaptive scenarios, a positive economic planning model was used. For economic model, statistics and information related to the cultivation area, production costs, prices and yields of crops in different areas of Bushkan plain were obtained through the Jihad Agricultural Organization and also completed 100 questionnaires from farmers in the area. Random sampling method was used to calculate the sample size.

Results and Discussion: By applying two scenarios, optimistic A1B and pessimistic A2, in general, it can be concluded that the most changes in precipitation were in autumn and winter and the most temperature changes were at least in autumn and spring. Also, applying a pessimistic scenario will cause more drastic changes than an optimistic scenario. The results of MABIA model show that by applying both climatic scenarios, the average water requirement of all agricultural products increases during the simulation period compared to the base period.

Increasing water demand and decreasing available water have caused water stress and as a result reduced the yield of various agricultural products in Bushkan plain. The results show that the average crop yields decreases, but the highest reduction of yield in both scenarios is related to wheat crop. The results of PMP model indicates that the application of optimistic and pessimistic scenarios will reduce the area under cultivation of this plain by 42% and 55%, respectively. On the other hand, among different crops, the area under cultivation of crops such as wheat, barley and watermelon has declined more sharply. However, the application of adaptive scenarios to improve irrigation efficiency and under-irrigation somewhat offsets the effects of climate change. In optimistic

1 and 2- Ph.D. Student and Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Payame Noor, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mehrdad.bagheri3@gmail.com)
3- Assistant Professor of Agricultural Economics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
DOI: 10.22067/jead.2021.17812.0

climate change, adaptive scenarios to improve irrigation efficiency and use of deficit irrigation method will improve the area under cultivation of agricultural products by 6 and 4 percent, and in pessimistic climate change by 3.8 and 2.3%.Comparison of the results of applying adaptive scenario shows that despite the less effect of deficit irrigation on improving the area under crops, the increase in profit in this scenario is more than the improvement of irrigation efficiency and the reason is the costs of improving irrigation efficiency compared to the deficit irrigation scenario.

Conclusion and Recommendations: Principles of resource management and low productivity have led to declining groundwater levels and as a result the ban on the exploitation of more groundwater in the plains of Bushehr province, including the Bushkan plain. Accordingly, in this study, the consequences of climate change on the hydrological and agricultural situation in the Bushkan plain of Bushehr province as well as the effectiveness of adaptive scenarios were investigated .Finally, based on the results of the present study, it is suggested that farmers use scenarios such as deficit irrigation methods and improve irrigation efficiency to prevent water loss and reduce the yield of these crops. However, since the results showed that using deficit irrigation method will improve agricultural profits more than improving irrigation efficiency, therefore, using deficit irrigation method has priority over improving irrigation efficiency. Also due to the low impact of climate change on water demand and canola yield, canola is suggested to local farmers as an alternative crop for wheat and barley crops.

Keywords: Bushkan plain, Climate change, Positive Mathematical Programming, WEAP Model